

# 不同管理措施对毛竹林节肢动物群落 结构和组成的影响

张飞萍, 侯有明, 尤民生\*

(福建农林大学, 福州 350002)

**摘要:**通过对不同管理措施下毛竹林 *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens* 节肢动物群落的系统调查, 研究了垦复施肥、垦复、劈草、化学除草和撂荒 5 种典型管理措施对群落结构和组成的影响。结果表明, 与撂荒林相比, 其他各管理措施均降低了群落竹冠层和林下层类群的丰富度, 在林下层主要表现为蜘蛛目、膜翅目、半翅目和鞘翅目物种的减少, 在竹冠层主要表现为膜翅目和鞘翅目物种的减少, 这些减少的物种主要是偶见种(相对丰盛度小于 0.01)。垦复施肥、垦复和劈草增加了林下层中性功能群和减少了捕食性功能群的个体数量, 垦复施肥、垦复、劈草和化学除草增加了竹冠层捕食性功能群和减少了植食性功能群的个体数量。总体上各种管理措施均降低了林下层和提高了竹冠层类群的多样性和均匀度, 但化学除草对林下层的影响较小, 垦复对竹冠层的影响较小。长期撂荒和垦复林毛竹叶部害螨的优势度较高, 长期撂荒、劈草和化学除草林刚竹毒蛾 *Pantana phyllostachysae* 的优势度较高, 说明长期的单一管理措施可能导致特定种类害虫的暴发。因此提出在毛竹林的管理中, 应避免长期采用单一方式, 注重不同年份多种管理措施的轮换。

**关键词:**毛竹; 管理措施; 节肢动物; 群落; 物种多样性

中图分类号: Q968 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2005)06-0928-07

## Effects of different management measures on the composition and structure of arthropod community in *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens* forest

ZHANG Fei-Ping, HOU You-Ming, YOU Min-Sheng\* (Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

**Abstract:** Through regular and systematic surveys in five selected sampling plots of *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens* forests managed with five different and typical measures respectively, including cultivation and fertilization, cultivation, weeding, spraying herbicide and non-management in Sanming of Fujian Province, China from 2001 to 2002, the effects of these measures on the composition and structure of arthropod community were studied. The results showed that in contrast with the non-management forest, the richness of the community decreased for the disturbances of the other four management measures. The missing species in the lower layer mainly belonged to Araneida, Hymenoptera, Hemiptera and Coleoptera, and those in the canopy mainly belonged to Hymenoptera and Coleoptera. Most of the missing species in the community were rare species ( $P_i < 0.01$ ). In the lower layer, due to the disturbances of cultivation and fertilization, cultivation and weeding, the individual number of the neutrals increased, but that of the predators decreased. In the canopy, the individual number of the predators increased, but that of the herbivores decreased due to the disturbances of cultivation and fertilization, cultivation, weeding and spraying herbicide. In general, the species diversity and evenness all decreased in the lower layer, but increased in the canopy due to the management disturbances. Among the four measures, spraying herbicide disturbed most slightly in the lower layer, and cultivation most slightly in the canopy. Moreover, long-term non-management and cultivation could benefit higher dominant degree of phytophagous mites, and long-term non-management, weeding and spraying herbicide could benefit higher dominant degree of *Kuwanaspis vermiformis*, and long-term cultivation and fertilization, cultivation and weeding could benefit higher

基金项目:福建省教育厅科技项目(JA03061)

作者简介:张飞萍,男,1971年生,福建邵武人,博士,副教授,主要从事昆虫生态和森林害虫综合治理研究,E-mail:fpzhang1@163.com

\* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: msyou@fjau.edu.cn

收稿日期 Received: 2005-01-11; 接受日期 Accepted: 2005-08-22

dominant degree of *Pantana phyllostachysae*. This indicated that long-term management with single type of measures would result in outbreak of certain pests. It was so concluded that in the management of *P. heterocyla* cv. *pubescens* forest, it was necessary and important to manage with manifold measures alternately in different years.

**Key words :** *Phyllostachys heterocyla* cv. *pubescens*; arthropod; community; management measure; species diversity

经营森林是为了更好地收获,但不当的经营难以实现可持续的收获,甚至会带来灾难性后果。对森林生物多样性的最大威胁是不合理或不可持续的经营和收获(Kimmins, 1997),因此评价不同经营方式对生态系统结构和功能的影响极为重要。节肢动物群落是森林生态系统的重要组分,而经营管理可以改变群落的组成、结构及功能,从而影响群落中害虫的自然控制。不当的经营管理往往导致害虫的暴发(万方浩等, 1986; 赵志模等, 1994; 董文霞等, 2001; 师光禄等, 2002a, 2002b, 2005)。毛竹 *Phyllostachys heterocyla* cv. *pubesens* 林是收获周期极短的可再生森林资源,随着人们日常生活和工业用材需求的增加,其经济效益日益显现,栽培面积不断增大,对其管理日趋精细,受到的干扰也就更为频繁。在大部分竹林纯林化后,垦复施肥、垦复、劈草和对林下植被喷施除草剂等已成为最主要、最频繁的管理措施,是毛竹林最主要的人为干扰来源(张飞萍等, 2004)。而近些年毛竹害螨、刚竹毒蛾 *Pantana phyllostachysae* 和蠕须盾蚧 *Kuwanaspis vermiformis* 等多种叶部害虫(螨)的暴发,已严重阻碍我国南方毛竹产业的发展(张飞萍等, 2002)。在较大空间尺度评价毛竹林节肢动物群落的组成与结构,分析群落内部各组分之间关系(张飞萍等, 2005a, 2005b)的基础上,进一步分析不同管理措施对群落的影响,对于揭示经营管理与害虫暴发的关系和实现对害虫的生态控制具有重要意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 管理措施的划分和试验地概况

2001年8月在全面踏查与农户家访的基础上,将毛竹林常见的典型管理措施划分:I-垦复施肥(锄除林下植被,松土并施肥);II-垦复(锄除林下植被,松土);III-劈草(于近地面部劈除林下植被);IV-撂荒(不管理,正常挖笋、伐竹,设为对照)和V-化学除草(对林下植被喷施化学除草剂)5种管理类型。据此于福建省三明市中村乡吉峰村选择设立空间上较为接近的5块相应试验标准地,均为纯林,笋竹两用林,面积均约0.667 hm<sup>2</sup>。各标准地除常规

挖笋、伐竹外,近些年的管理及病虫害防治情况如下:1. 垦复施肥竹林,1999年10月和2000年10月均垦复和施复合肥(沟施100 kg/667 m<sup>2</sup>)1次,2001年11月垦复和施肥(尿素:硫酸钾:钙镁磷=2:1:1,沟施100 kg/667 m<sup>2</sup>)1次,近3年无病虫害防治历史;2. 垦复竹林,1992、1994、1998和2001年秋季垦复,其中1998年深翻15~20 cm,1996年用白僵菌粉防治刚竹毒蛾1次;3. 劈草竹林,1995~2001每年秋季劈草1次,近5年无病虫害防治历史;4. 撂荒竹林,1996~1999年秋季劈草,2000~2002年连续3年撂荒,近5年无病虫害防治历史;5. 化学除草竹林,1999~2001年连续3年对林下植被喷施草甘磷,近3年无病虫害防治历史。各标准地的土壤、地形、海拔和林分结构等生态条件相似,1~5号标准地按顺序平行排列,其中1~3号相邻间距40 m,3~5号相邻间距50 m。

### 1.2 群落的划分和调查

调查方法参见张飞萍等(2005a)。

### 1.3 优势种的划分

以相对丰盛度  $P_i \geq 0.1$ 、 $0.05 \leq P_i < 0.1$ 、 $0.01 \leq P_i < 0.05$  和  $P_i < 0.01$  分别作为群落优势种、丰盛种、常见种和偶见种的划分标准。

### 1.4 功能群的划分

根据物种的取食习性,将群落划分为植食性、中性、寄生性和捕食性4个功能群。

### 1.5 群落种-丰盛度关系的拟合

采用对数序列模型(Fisher, 1943)和对数正态分布模型(Preston, 1948)分别对各管理措施下林下层和竹冠层类群的种-丰盛度关系进行拟合。

## 2 结果与分析

### 2.1 群落的物种组成

对5块标准地1年的系统调查共获得林下层节肢动物标本4 326号,隶属于18目、103科、258种;竹冠层节肢动物标本23 901号,隶属于21目、109科、255种。

不同管理措施下群落各目、科和物种组成情况见表1。从科的组成看,各管理措施下林下层和竹

冠层类群均以双翅目、蜘蛛目、膜翅目和鞘翅目的科数较多, 分别超过相应林层中节肢动物类群科总数的 10%。其他目相对较少。林下层类群以撂荒(IV)和化学除草(V)管理下的科数略多, 竹冠层类群则以撂荒(IV)和劈草(III)管理下的科数略多。从物种的组成看, 林下层类群中, 各管理措施竹林均以双翅目、蜘蛛目、膜翅目和鞘翅目的物种数较多, 与撂荒(IV)相比, 其他 4 种管理措施下类群的丰富度均较低, 尤其以垦复施肥(I)、垦复(II)和劈草(III)竹林

较明显, 主要表现为蜘蛛目、膜翅目、半翅目和鞘翅目的物种数较少, 可见 4 种管理措施主要是通过减少这些目的物种数而降低了类群总体的丰富度; 竹冠层类群中, 各管理措施竹林均以蜱螨目、蜘蛛目、半翅目、膜翅目、鞘翅目和双翅目的物种数较多, 但撂荒(IV)林的丰富度明显比其他管理措施高, 主要表现为膜翅目和鞘翅目的物种数较多, 可见其他 4 种管理措施主要是通过减少膜翅目和鞘翅目的物种数而降低了类群总体的丰富度。

表 1 不同管理措施下毛竹林节肢动物群落的组成

Table 1 Composition of the arthropod communities in *P. heterocyla* cv. *pubescens* forests managed with different measures

目 Order	林下层类群 Arthropods in the lower layer					竹冠层类群 Arthropods in the canopy				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
<b>蜱螨目 Acarina</b>										
NOF	0	1	0	0	0	4	4	4	4	4
NOS	0	1	0	0	0	14	15	12	13	14
<b>蜘蛛目 Araneida</b>										
NOF	9	9	8	8	9	8	9	8	8	9
NOS	25	23	26	35	36	35	31	35	35	35
<b>鞘翅目 Coleoptera</b>										
NOF	10	8	11	11	13	10	9	10	12	8
NOS	13	10	18	17	19	14	14	20	20	13
<b>双翅目 Diptera</b>										
NOF	14	17	14	15	13	10	13	15	12	14
NOS	30	36	31	35	31	19	21	30	20	25
<b>半翅目 Hemiptera</b>										
NOF	3	4	3	4	5	3	3	3	5	3
NOS	7	7	6	10	11	4	7	3	11	7
<b>同翅目 Homoptera</b>										
NOF	3	2	3	3	3	5	6	6	6	5
NOS	10	4	6	9	9	11	13	12	12	9
<b>膜翅目 Hymenoptera</b>										
NOF	9	11	9	9	13	10	12	14	16	16
NOS	23	24	20	30	27	28	27	32	43	31
<b>鳞翅目 Lepidoptera</b>										
NOF	6	5	6	6	8	4	5	6	5	5
NOS	7	5	6	7	9	5	5	7	6	6
<b>直翅目 Orthoptera</b>										
NOF	5	5	5	4	5	3	2	3	1	0
NOS	7	6	6	6	6	4	3	4	1	0
<b>缨翅目 Thysanoptera</b>										
NOF	1	2	1	2	1	2	2	2	2	2
NOS	1	2	1	2	1	3	3	3	3	3
<b>其他目 Others</b>										
NOF	2	5	5	8	3	7	5	12	10	8
NOS	3	7	5	10	8	12	10	16	14	12
<b>合计 Total</b>										
NOF	62	69	65	70	73	66	70	83	81	74
NOS	126	125	125	161	157	149	149	174	178	155

I、II、III、IV 和 V 分别指垦复施肥、垦复、劈草、撂荒和化学除草, 后同。NOF 和 NOS 分别指科数和物种数。I、II、III、IV 和 V 在表中 denote the management measures of cultivating and fertilization, cultivating, weeding, non-management and spraying herbicide respectively. The same for the following tables and figures. NOF and NOS in the table denote the number of family and species respectively.

## 2.2 群落中物种的丰盛度

群落物种的相对丰盛度分布情况见图1。5种管理措施下林下层和竹冠层类群均以偶见种为主,超过总种数的80%;常见种的比率基本上均低于15%,仅撂荒(IV)的林下层类群中占18.4%,而优势种和丰盛种则极少或无。但不同管理措施下物种丰盛度的分布呈现一定的差异。与撂荒林(IV)相比,其他管理措施下林下层和竹冠层类群偶见种的物种数及其占各自类群总种数的比率均低,其中林下层以垦复施肥(I)垦复(II)和劈草(III)竹林与撂荒(V)的差异更大,竹冠层则以垦复施肥(I)垦复

(II)和化学除草(V)竹林与撂荒(IV)的差异更大,可见长期垦复施肥、垦复、劈草和化学除草等管理措施均能不同程度地减少群落各类群中偶见种的物种数,但化学除草对林下层的影响较小,劈草对竹冠层的影响较小。

对各管理措施下群落竹冠层和林下层类群的种-丰盛度关系的拟合结果表明,垦复施肥(I)撂荒(IV)和化学除草(V)竹林的林下层类群种-丰盛度关系符合对数序列模型,劈草(III)竹林的林下层类群符合对数正态分布模型。

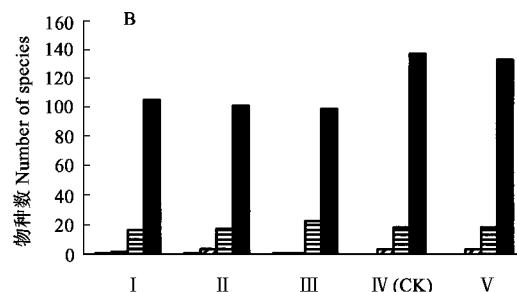
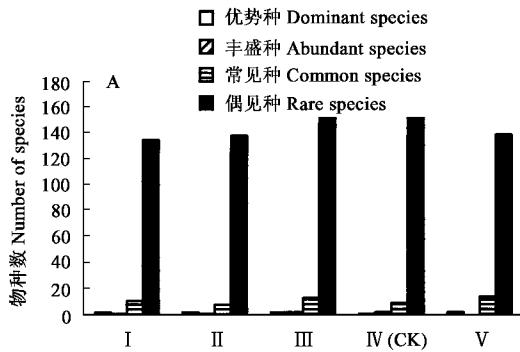


图1 不同管理措施下节肢动物群落中物种的丰盛度

Fig. 1 Species abundance of the arthropod communities under different management measures  
A: 竹冠层 The canopy ; B: 林下层 The lower layer.

## 2.3 群落主要害虫的优势度

毛竹林节肢动物群落中主要害虫有竹刺瘿螨 *Aculus bambusae*、竹缺爪螨 *Aponychus corpuzae*、竹小爪螨 *Oligonychus urama*、南京裂爪螨 *Schizotetranychus nanjingensis*、蠕须盾蚧和刚竹毒蛾,前5种均为全年优势种,刚竹毒蛾为阶段性优势种(8月)。由于各种害螨均在竹叶背面刺吸为害,生活习性较为相近,因此将4种害螨视作一个群类进行分析。从表2可知,各种管理措施下均以害螨的优势度指数最高,然后依次是蠕须盾蚧和刚竹毒蛾。可见不论何种管理方式,害螨始终是毛竹的主要害虫。但不同管理措施下同种害虫的优势度指数有明显差异,如撂荒(IV)和垦复(II)林害螨的优势度指数接近或超过0.6,而垦复施肥(I)、劈草(III)和化学除草(V)林害螨的优势度指数低得多,撂荒(IV)、劈草(III)和化学除草(V)林蠕须盾蚧的优势度较高,垦复施肥(I)、垦复(II)和劈草(III)林刚竹毒蛾的优势度也较高。

## 2.4 群落中功能群的物种数和个体数

不同管理措施下群落中功能群的物种数、个体数见图2。从物种数看,林下层类群中,垦复施肥

表2 不同管理措施下节肢动物群落主要害虫的优势度指数(I)

Table 2 The dominant index (I) of the main pest in the arthropod communities under different management measures

管理措施 Management measures	害螨 Phytophagous mites	蠕须盾蚧 <i>K. vermiciformis</i>	刚竹毒蛾 <i>P. phyllostachysae</i>
I	0.4572	0.0611	0.0447
II	0.5909	0.0413	0.0339
III	0.3804	0.1575	0.0252
IV	0.6144	0.0814	0.0116
V	0.3276	0.1883	0.0061

(I)垦复(II)和劈草(III)林各功能群的物种数均较少(比撂荒(IV)少10种以上),其中捕食性功能群与撂荒(IV)的差异最大,说明3种管理措施均导致林下层类群中各功能群物种数减少,而捕食性物种减少的数量最多;化学除草(V)林各类物种数与撂荒(IV)有不同的差异,但其影响比其他3种管理措施小。竹冠层类群中,各管理措施下植食性、寄生性和捕食性功能群的物种数均比撂荒(IV)少,中性功能群则比撂荒多,可见4种管理措施均不同程度地减少了竹冠层类群中植食性、寄生性、捕食性和增加了中性功能群的物种数。从个体数看,林下层类群

中, 垦复施肥( I )、垦复( II )和劈草( III )林的中性功能群个体数比率均高于撂荒( IV ), 捕食性功能群则较低, 可见3种管理措施均增加了林下层类群中性功能群和减少了捕食性功能群的个体数; 竹冠层类

群中, 各管理措施下植食性功能群的个体数比率均低于撂荒( IV ), 捕食性功能群则比撂荒( IV )高, 可见各管理措施均减少了竹冠层类群中植食性功能群和增加了捕食性功能群的个体数。

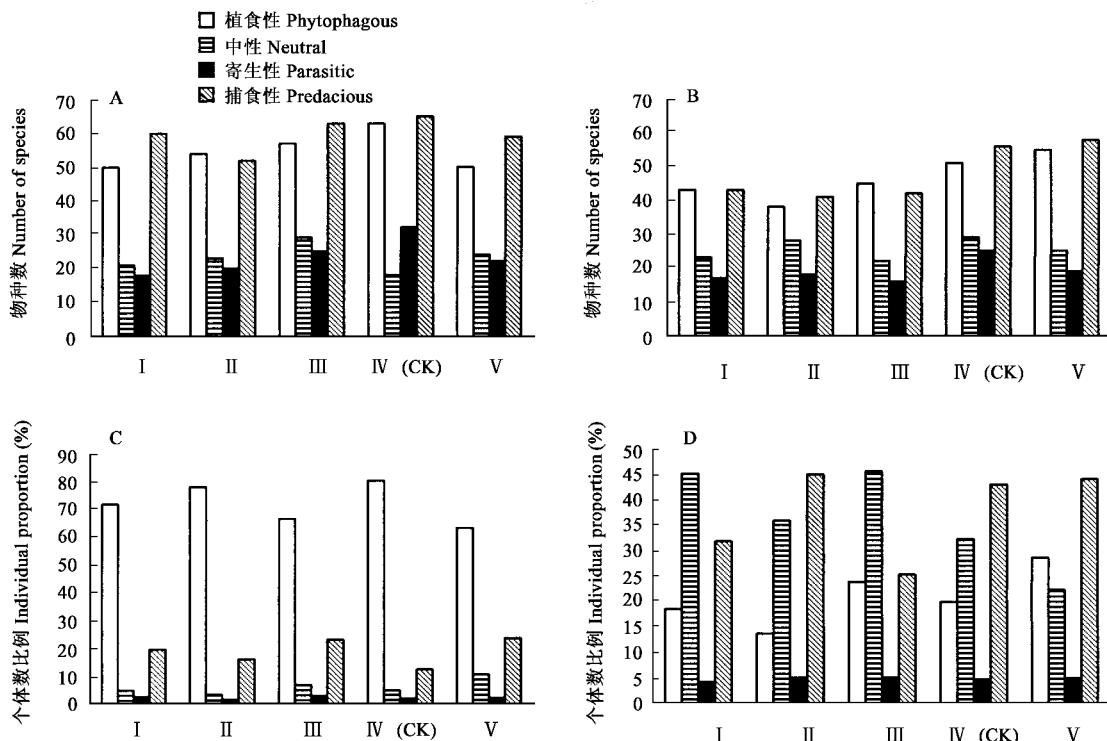


图2 不同管理措施下节肢动物群落中功能群的物种(A, B)和个体(C, D)组成

Fig. 2 Composition of species (A, B) and individuals (C, D) in the guilds in the arthropod communities under different management measures

A, C: 竹冠层 The canopy ; B, D: 林下层 The lower layer.

## 2.5 群落物种多样性、均匀度和优势集中性

不同管理措施下群落的多样性指数  $H'$ 、均匀度指数  $J'$  和优势集中性指数  $C$  见表3。与撂荒( IV )林相比, 林下层类群中, 其他管理措施下的多样性指数、均匀度指数均较小, 优势集中性指数则较大, 但化学除草( V )林与撂荒( IV )林的差异最小。与林下层类群相反, 竹冠层类群中各种管理措施下的多样性指数、均匀度指数均大于撂荒( IV )林, 优势集中性指数则较小, 但垦复( II )林与撂荒( IV )林的差异相对较小。根据表3各群落的物种多样性指数、均匀度指数、优势集中性指数、丰富度和个体数量, 采用欧氏距离以最小距离法进行系统聚类分析( 图3)。根据聚类结果, 林下层类群分2类为宜, 第1类为垦复施肥( I )、垦复( II )和劈草( III )林, 表现为物种多样性和均匀度较差, 优势集中性较高, 第2类为化学除草( V )和撂荒( IV )林, 表现为具有较高的物种多样性、均匀度和较低的优势集中性。竹冠层类群也

分2类为宜, 第1类为垦复施肥( I )、垦复( II )、劈草( III )和化学除草( V )林, 表现为具有较高的物种多样性、均匀度和较低的优势集中性、个体数量; 第2类为撂荒( IV )林, 表现为物种多样性和均匀度低, 优势集中性和个体数量高。聚类结果较好地体现了各种管理措施对群落结构和组成的影响。

表3 不同管理措施下节肢动物群落物种多样性  $H'$ 、均匀度  $J'$  和优势集中性  $C$

Table 3 Species diversity ( $H'$ ), evenness ( $J'$ ) and dominant concentration ( $C$ ) of the arthropod communities under different management measures

管理措施 Management measures	林下层类群 Arthropods in the lower layer			竹冠层类群 Arthropods in the canopy		
	$H'$	$J'$	$C$	$H'$	$J'$	$C$
	I	5.5723	0.7986	0.0479	4.7416	0.6568
II	5.5427	0.7957	0.0467	4.0395	0.5596	0.1842
III	5.3252	0.7645	0.0883	4.7643	0.6401	0.0868
IV	6.1460	0.8384	0.0250	3.4496	0.4614	0.2994
V	6.0050	0.8232	0.0280	4.6169	0.6345	0.1205

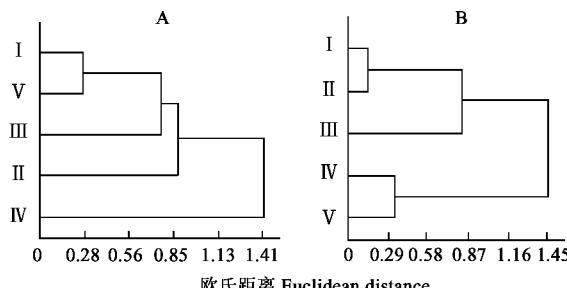


图 3 不同管理措施下节肢动物群落的聚类分析

Fig. 3 Clustering analysis of the arthropod communities under different management measures

A : 竹冠层 The canopy ; B : 林下层 The lower layer.

表 4 不同管理措施间节肢动物群落的相似性 ( $S_j$ )Table 4 Similarity ( $S_j$ ) among the arthropod communities under different management measures

管理措施 Management measures	林下层类群 Arthropods in the lower layer				竹冠层类群 Arthropods in the canopy			
	II	III	IV	V	II	III	IV	V
I	0.4678	0.4678	0.4870	0.4365	0.6374	0.5833	0.6029	0.5751
II		0.4285	0.5132	0.4242		0.5756	0.5874	0.5670
III			0.4667	0.4242			0.5785	0.6207
IV				0.4791				0.5561

### 3 讨论

垦复施肥、垦复、劈草、化学除草和撂荒是当前5种最为典型的毛竹林经营管理措施。除撂荒外，这些措施均表现为对林下植被和土壤的直接干扰，已成为笋竹两用林集约经营和增产增收的主要手段。然而，每年一次高强度地清除林下植被，加上部分竹林长期采用单一的管理措施，使本已纯化的竹林丧失更多的生物多样性，并由此带来了水土流失、林分生产力下降和病虫害频繁暴发等问题（楼一平等，1997, 1999）。近些年毛竹害螨、刚竹毒蛾和蠕须盾蚧等多种叶部害虫的大面积不间断地暴发与此不无关系。较大空间尺度的研究表明，毛竹林节肢动物群落具有丰富的天敌资源，天敌对植食性害虫具有显著的时空跟随效应，同时，群落竹冠层类群在林下层类群的重建和瓦解中起着物种“源”和“库”的作用，保护林下层天敌和物种多样性有利于保护竹冠层天敌和物种多样性（张飞萍等，2005b）。因此，很有必要进一步分析和比较不同管理措施下毛竹林节肢动物群落及其各组分的变化情况，以揭示经营管理、群落变化和害虫暴发三者之间的关系，进而为实现害虫的生境调节控制奠定基础。

从本文的分析结果看，与撂荒林相比，各种管理措施均降低了林下节肢动物的丰富度、物种多样性及均匀度，这是管理措施导致节肢动物赖以生存的

### 2.6 群落相似性

不同管理措施下群落间的相似性系数见表4。林下层类群中，撂荒（IV）林与其他管理措施竹林的相似性系数均较大，而其他管理措施竹林之间的相似性系数均相对较小，结合撂荒（IV）林的物种数最多，说明各管理措施均影响到林下层的物种组成，表现为不同程度地减少类群的物种数。竹冠层类群中，各管理措施竹林之间的相似性系数均大于林下层类群对应值，可见各管理措施对竹冠层物种组成的影响小于林下层。

林下植被多样性下降（张飞萍等，2004）的必然结果。另一方面，与林下层类群相反，各管理措施下竹冠层类群的物种多样性和均匀度均比撂荒林高，而丰富度更低，可见这些管理措施降低了竹冠层群落中优势种害虫的个体数量，增加了捕食者的比重，使各类物种个体数量分布比较均匀，总体上更有利冠层叶部害虫的自然控制。尽管撂荒有利于林下植被和节肢动物多样性的保护，但无论是从竹林丰产经营还是叶部害虫控制角度看，都是不可取的。

不同管理措施下群落的结构和组成表现出相当大的差异，在主要害虫的优势度方面体现得尤为明显（表2）。长期撂荒和垦复管理下毛竹害螨的优势度更高，长期撂荒、劈草和化学除草竹林中蠕须盾蚧的优势度更高，长期垦复施肥、垦复和劈草竹林中刚竹毒蛾的优势度更高。这说明长期采用单一的管理措施有利于特定种类害虫的暴发，也不可取。综合上述分析，我们认为在毛竹林的经营管理中，应避免长期采用单一方式，注重多种管理措施轮换。在叶部害虫的控制中，采用其他控制措施的同时，应针对不同种类的害虫适时调整管理方式，如刚竹毒蛾常发区可适当撂荒，螨害发生区可垦复施肥等。

林下层类群与竹冠层类群共属于毛竹林生态系统，时间上具有绝对同步性，空间上具有相对同域性，因此二者间存在密切联系，如物种的迁入迁出场所、互为栖息地、逆境隐蔽场所、互相为天敌提供食物质源等（张飞萍等，2005b），二类群的物种多样性应

具有一致性，撂荒竹林下层和冠层的丰富度均较高就反映了这种一致性。但垦复施肥、垦复、劈草和化学除草均降低了林下层类群的多样性，提高了竹冠层类群的多样性（表3），这种对群落二层次影响的不一致性说明各管理措施可能通过影响毛竹本身与害虫的相互关系而提高竹冠层的多样性，有关方面的研究尚待进行。

### 参 考 文 献 (References)

Dong WX, Zhang ZN, Li SC, 2001. Comparative studies on different insect communities in cotton field. *Entomological Knowledge*, 38(2): 112–116. [董文霞, 张钟宁, 李生才, 2001. 不同棉田昆虫群落的比较研究. 昆虫知识, 38(2): 112–116]

Fisher RA, 1943. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *J. Anim. Ecol.*, 12: 42–58.

Kimmins JP, 1997. Biodiversity and its relationship to ecosystem health and integrity. *Forestry Chronicle*, 73(2): 229–232.

Lou YP, Sheng WT, Xiao JH, 1999. Study of long-term site productivity of managed moso bamboo forests in China: a review and perspective. *Forest Research*, 12(2): 172–178. [楼一平, 盛炜彤, 萧江华, 1999. 我国毛竹林长期立地生产力研究问题的评述. 林业科学研究, 12(2): 172–178]

Lou YP, Wu LR, Li RC, Liu ZJ, Liu YR, 1997. Growth dynamics of pure *Phyllostachys pubescens* stands transformed from mixed stands. *Forest Research*, 10(1): 35–41. [楼一平, 吴良如, 李瑞成, 刘仲君, 刘耀荣, 1997. 竹木混交林改为毛竹纯林经营后的林分生长动态. 林业科学研究, 10(1): 35–41]

Preston FW, 1948. The commonness and rarity of species. *Ecology*, 29: 254–283.

Shi GL, Cao H, Ge F, Xia NB, Li ZY, 2002a. The dynamics of diversity and the composition of nutrient classes and dominant guilds of arthropod community in different intercropping and managing jujube yard ecosystems. *Scientia Silvae Sinicae*, 38(6): 79–86. [师光禄, 曹挥, 戈峰, 夏乃斌, 李镇宇, 2002a. 不同类型枣园节肢动物群落营养层及优势功能集团的组成与多样性时序动态. 林业科学, 38(6): 79–86]

Shi GL, Cao H, Ge F, Xia NB, Li ZY, 2002b. Studies on the diversity and insect community in different intercropped and managed jujube yard ecosystems. *Scientia Silvae Sinicae*, 38(3): 94–101. [师光禄, 曹挥, 戈峰, 夏乃斌, 李镇宇, 2002b. 不同枣园生态系统中昆虫群落及其多样性. 林业科学, 38(3): 94–101]

Shi GL, Zhao LL, Miao ZW, Liu SQ, Cao H, Shiyu LI, Bruce PIKE, 2005. Structure characteristics of the arthropod community in the jujube orchards with different habitats. *Acta Entomol. Sinica*, 48(4): 561–567. [师光禄, 赵莉蘭, 苗振旺, 刘素琪, 曹挥, Shiyu LI, Bruce PIKE, 2005. 不同生境类型枣园中节肢动物群落结构特征. 昆虫学报 48(4): 561–567]

Wan FH, Chen CM, 1986. Studies on the structure of the rice pest-natural enemy community and diversity under IPM area and chemical control area. *Acta Ecologica Sinica*, 6(2): 159–170. [万方浩, 陈常铭, 1986. 综防区与化防区稻田害虫天敌群落组成及多样性研究. 生态学报, 6(2): 159–170]

Zhang FP, Chen QL, Chen SL, Hou YM, You MS, 2002. Research advances on the pests that eat leaves of *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens*. *Journal of Bamboo Research*, 21(3): 55–60. [张飞萍, 陈清林, 陈顺立, 侯有明, 尤民生, 2002. 毛竹主要食叶害虫研究进展. 竹子研究汇刊, 21(3): 55–60]

Zhang FP, Chen QL, Hou YM, You MS, 2004. Relation between management disturbance and undergrowth and canopy mites in *Phyllostachys pubescens*. *Scientia Silvae Sinicae*, 40(5): 143–150. [张飞萍, 陈清林, 侯有明, 尤民生, 2004. 毛竹林经营干扰、林下植被及冠层螨类之间的关系. 林业科学, 40(5): 143–150]

Zhang FP, Chen QL, Wu QZ, Hou YM, You MS, 2005a. Composition and structure of the arthropod community in *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens* forest. *Acta Ecologica Sinica*, 25(9): 2272–2283. [张飞萍, 陈清林, 吴庆锥, 侯有明, 尤民生, 2005a. 毛竹林节肢动物群落的组成与结构. 生态学报, 25(9): 2272–2283]

Zhang FP, Chen QL, Hou YM, You MS, 2005b. Relationships between the arthropods in the canopy and the underlayer of *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens* forest. *Acta Ecologica Sinica*, 25(10): 2623–2628. [张飞萍, 陈清林, 侯有明, 尤民生, 2005b. 毛竹林节冠层与林下层节肢动物类群的关系. 生态学报, 25(10): 2623–2628]

Zhao ZM, Liu YH, Zhang CL, 1994. Studies on the insect community structures in vegetable fields adopting different cropping systems in the suburb of Chongqing city. *Acta Phytophylacica Sinica*, 1(1): 39–45. [赵志模, 刘映红, 张昌伦, 1994. 重庆市郊不同种植制度菜地昆虫群落结构研究. 植物保护学报, 1(1): 39–45]

(责任编辑 袁德成)